

CALOR Y BIENESTAR

EL ESTRÉS CALÓRICO EN VACAS LECHERAS

ANTONIO CALLEJO RAMOS Dr. Ingeniero Agrónomo. Dpto. de Producción Animal EUIT Agrícola UPM.
antonio.callejo@upm.es

En las vacas lecheras el exceso de calor provoca cuantiosas pérdidas económicas debido a sus consecuencias sobre la producción y la reproducción, derivadas de los efectos negativos que tiene en el metabolismo digestivo, el sistema inmune, el sistema endocrino y el propio comportamiento de estos animales. Por tanto, es imprescindible adoptar medidas de diversa naturaleza tanto para reducir la producción de calor de las vacas como para incrementar su tasa de eliminación de calor.

Las vacas lecheras podrán expresar todo su potencial productivo cuando todas sus necesidades estén satisfechas. Además de cubrir sus necesidades nutritivas, debemos proporcionarles las condiciones ambientales óptimas para que los procesos fisiológicos se desarrollen de forma correcta. En este trabajo hablaremos fundamentalmente del factor temperatura, cuyos elevados valores van a causar lo que se conoce como “estrés térmico”¹ o “estrés calórico”. Por tanto, tras describir cuáles son las necesidades térmicas de estos animales, explicaremos cuáles son sus mecanismos de producción y eliminación de calor, las consecuencias del estrés calórico y las distintas estrategias para evitar alcanzarlo o, al menos, para mitigar sus efectos.

NECESIDADES TÉRMICAS

Los procesos fisiológicos en los mamíferos requieren una temperatura corporal relativamente constante. Puesto que la temperatura ambiental es variable, las vacas deben poner en funcionamiento diversos mecanismos de adaptación a esa variabilidad térmica, fundamentalmente modificando aspectos etológicos (comportamiento) y fisiológicos.

Mecanismos de producción de calor

Las vacas disponen de los siguientes mecanismos de producción térmica:

- **Tasa de metabolismo basal.**

Es el calor desprendido en los procesos fisiológicos vitales más imprescindibles. Es función del peso metabólico, por lo que aumenta con la edad y el peso.

- **Ingestión de pienso.** Calor generado en los procesos de digestión.

- **La termorregulación.** Calor generado por los procesos fisiológicos puestos en marcha para mantener la temperatura corporal, en especial en situaciones de temperatura ambiental alta (aumento del ritmo cardíaco y respiratorio).

A estos procesos básicos hay que añadir el calor generado en la síntesis de los tejidos muscular y adiposo, por la actividad física y, en animales expuestos, el obtenido por radiación solar.

Mecanismos de eliminación de calor

En realidad, los mecanismos que se describen a continuación son de intercambio térmico, si bien la situación más habitual va a ser la de animales que necesitan eliminar exceso de calor en situaciones de altas temperaturas ambientales.

- Por **radiación** a través del aire, donde la transmisión de calor entre dos cuerpos se produce por medio de ondas, del más caliente al más frío. Es proporcional a la diferencia de temperaturas y se produce a través de la piel. La radiación puede ser directa o indirecta, es decir, radiación reflejada por otro cuerpo sólido y recibida por el animal.

- Por **convección**. La transmisión de calor se produce por calentamiento del aire que rodea al animal. Al calentarse, se eleva y permite que aire más frío ocupe su lugar y se repita el proceso. Las pérdidas por esta vía son proporcionales a la velocidad del aire alrededor del animal. Esta convección puede ser forzada cuando se usa energía para mover el aire e incrementar la transmisión de calor. En ambientes calurosos no supone un porcentaje muy importante del intercambio térmico.

- Por **conducción**. Tiene lugar cuando un cuerpo caliente entra en contacto físico con otro más frío, siendo el intercambio térmico proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos cuerpos. En las vacas se produce cuando están tumbadas.

RADIACIÓN + CONVECCIÓN + CONDUCCIÓN = CALOR SENSIBLE

- Por evaporación del vapor de agua en las mucosas del aparato respiratorio, por la piel (sudoración) y por las deyecciones. La importancia de este mecanismo aumenta conforme se eleva la temperatura ambiental.

EVAPORACIÓN DE AGUA = pérdidas de calor LATENTE

Los procesos de producción y eliminación de calor se esquematizan en la **Figura 1**.

Para mantener la temperatura corporal es preciso que las ganancias de calor sean iguales a las pérdidas.

PRODUCCIÓN DE CALOR = PÉRDIDAS DE CALOR SENSIBLE + PÉRDIDAS DE CALOR LATENTE

Conforme aumenta la temperatura ambiental, se incrementan las pérdidas de calor latente en detrimento de las de calor sensible.

Factores como la humedad relativa, la velocidad del aire, la exposición a la radiación solar o la temperatura de la cama y del agua de bebida modifican la sensación térmica del animal o temperatura efectiva. La humedad relativa excesivamente alta agrava los problemas de estrés por calor cuando coincide con temperaturas elevadas, al reducir las posibilidades de eliminación del ca-

¹ El estrés térmico también puede ser por frío intenso, pero no es habitual en ganado lechero en nuestro país

FIGURA 1 > PROCESOS DE PRODUCCIÓN Y ELIMINACIÓN DE CALOR



lor corporal a través del incremento del ritmo respiratorio (y, en animales que sudan, de la sudoración). La velocidad del aire aumenta el ritmo de pérdida de calor corporal.

EVALUACIÓN DEL ESTRÉS CALÓRICO

Las vacas lecheras prefieren temperaturas entre 0 y 24°C, pudiendo

mantener su producción incluso a temperaturas de -10°C. Sin embargo, empiezan a experimentar estrés por calor a una temperatura de 25°C, con niveles normales de humedad relativa.

Como las pérdidas de calor latente (por evaporación) se dificultan cuanto mayor es el grado de humedad relativa ambiental, el estrés calórico debe vincularse tanto a la

temperatura como a esta humedad relativa. El ITH (índice Tª-HR) relaciona ambos parámetros y puede estimarse a partir de la ecuación siguiente:

$$ITH = 0,81 \cdot T^a + HR \cdot (T^a - 14,4) + 46,4$$

, expresándose la temperatura en °C y la HR en valor decimal.

Estos valores de ITH datan de los años sesenta, cuando la producción de las vacas era notablemente más baja que en la actualidad. Por ello, hoy día el umbral de estrés calórico se sitúa en una ITH de 65 a 68 en vacas de alta producción (Figura 2). Debemos recordar que las vacas lecheras empiezan a tener sensación de calor mucho antes que nosotros. Se han propuesto otros índices pero su cálculo es demasiado prolijo para poder explicarlo en este breve trabajo.

CONSECUENCIAS DEL ESTRÉS CALÓRICO

El animal necesita disponer de mecanismos sensibles para poder mantener el equilibrio térmico y responder con rapidez para poder compensar los cambios en la producción de calor. En respuesta a este estrés, la vaca lechera pone en marcha mecanismos físicos, bioquímicos y fisiológicos (además de conductuales) para tratar de contrarrestar los efectos negativos

FIGURA 2 > NIVELES DE ESTRÉS CALÓRICO SEGÚN EL ITH

Tª °C	Humedad Relativa (%)																			
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
22,0	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
23,0	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
23,5	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
24,0	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
24,5	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
25,0	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
25,5	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
26,0	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
26,5	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
27,0	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
27,5	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
28,0	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
28,5	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
29,0	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
29,5	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
30,0	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
30,5	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
31,0	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
31,5	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101
32,0	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102
32,5	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
33,0	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
33,5	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
34,0	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
34,5	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107
35,0	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
35,5	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109
36,0	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
36,5	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111
37,0	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112
37,5	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113
38,0	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
38,5	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115
39,0	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
39,5	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117
40,0	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
40,5	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119
41,0	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
41,5	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121
42,0	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122
42,5	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123
43,0	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124
43,5	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
44,0	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
44,5	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127
45,0	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128
45,5	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
46,0	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
46,5	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131
47,0	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
47,5	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133
48,0	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134
48,5	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135
49,0	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136

FIGURA 3 >

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE ALGUNOS FACTORES INVOLUCRADOS EN EL ESTRÉS TÉRMICO Y EL POSIBLE IMPACTO ECONÓMICO BAJO CONDICIONES SEVERAS DE ESTRÉS POR CALOR (SOLER, 2009)

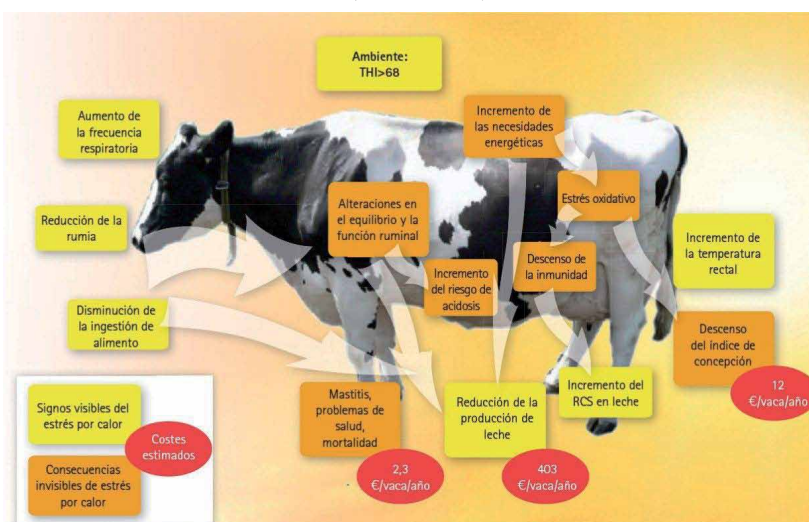


FIGURA 4 > VENTILADORES DE TIPO AXIAL



FIGURA 5 > ROCIADORES EN LA LÍNEA DE COMEDERO



de aquél y mantener el equilibrio térmico. Estos ajustes buscan disipar calor y reducir la producción de calor metabólico.

Las valoraciones efectuadas en Estados Unidos sobre las pérdidas económicas que supone que una buena parte del país esté sometido a periodos más o menos prolongados de altas temperaturas, indican un coste de 100\$/vaca y año en granjas con modernos sistemas de mitigación de calor y económicamente óptimos. Coste que aumenta a 167\$/vaca y año en las explota-

ciones que no cuentan con estos sistemas.

La **Figura 3** muestra los principales efectos del calor en el organismo de la vaca y su valoración económica.

MÉTODOS PARA REDUCIR EL ESTRÉS CALÓRICO

Las medidas a adoptar para reducir el estrés por calor son bien simples desde un punto de vista teórico, si bien habrá que considerar el coste de su implementación:

1. Disminuir las ganancias de calor
 - a. Reduciendo la transmisión de calor del ambiente hacia el animal.
 - b. Reducir la producción de calor metabólico del animal.
2. Aumentar las pérdidas de calor, aumentando su transmisión de la vaca hacia el ambiente

Reducción de la transmisión de calor hacia el animal

La ganancia de calor por parte del animal se puede reducir tratando de limitar la radiación directa e indirecta que recibe, lo que en la práctica equivale a:

- Orientar adecuadamente las naves para evitar la incidencia directa de la radiación solar,
- Proporcionar sombra, también en el comedero, diseñando adecuadamente las estructuras de sombreado, y
- Aislar la cubierta para limitar la radiación indirecta

Reducción de la producción de calor metabólico

El menor consumo de las vacas en situación de EC obliga a reformular las raciones buscando una mayor concentración de nutrientes con los que evitar la caída de la producción, estimular el consumo en la medida de lo posible y, en algunos casos, restablecer el equilibrio homeostático perdido.

Con mayores temperaturas los requerimientos de energía y de proteína aumentan, mientras que los de fibra disminuyen, especialmente la Fibra Ácido Detergente (FAD), tanto más cuanto mayor es el nivel productivo.

En los últimos años se ha propuesto el término de dieta fría para denominar aquella ración que proporciona una importante cantidad de nutrientes para la síntesis y disminuye el incremento de calor generado durante la fermentación y el metabolismo. Las características más importantes de esta dieta son:

- Mayor densidad energética
- Fibra más digestible
- Fibra efectiva (FNDef)
- Menor degradabilidad ruminal de las proteínas
- Mayor contenido de nutrientes *by-pass*
- Altos niveles de N⁺ y de K⁺

Aumento de las pérdidas de calor del animal

Para aumentar las pérdidas de calor del animal acudiremos al uso de métodos o sistemas de refrigeración, los cuales pueden clasificarse en dos grandes grupos:

1. Indirectos, donde lo que se refrigera es el aire
2. Directos, cuando se refrigera el animal

También se puede hablar de sistemas mixtos, donde se refrigeran tanto el aire como el animal.

En definitiva, estamos hablando de aprovechar la capacidad del agua para absorber calor (600 cal/g de agua), bien del aire, bien del animal, cuando cambia de estado, de líquido a gaseoso. Y esa evaporación depende de dos factores fundamentales:

- a) De la humedad del aire. Cuanto menor sea la humedad, más vapor de agua puede absorber, más agua se puede evaporar y más bajará la temperatura del aire y de la vaca.
- b) De la velocidad del aire. Cuanto más se renueve el aire que rodea el animal (más velocidad), más calor va a poder transferir el animal al aire. La renovación del aire también implica el aporte de oxígeno y la eliminación de gases nocivos y del exceso de vapor de agua y del aire que se va calentando.

Por tanto, vemos que para que un sistema de refrigeración sea eficiente y consiga su objetivo es preciso contar con una adecuada ventilación del alojamiento, incluso aunque se trate de simples estructuras sombreadoras. No puede considerarse ningún sistema de refrigeración por convección o evaporación si no se satisfacen las necesidades de ventilación del alojamiento.

En síntesis, un sistema de mitigación del calor tiene que proporcionar cuatro elementos básicos:

1. Sombra
2. Intercambio de aire (ventilación)
3. Maximizar la pérdida de calor por convección
4. Eliminar calor por evaporación

Si se asume que la estructura de la nave proporciona una sombra adecuada, entonces el proceso de selección del sistema para evitar el EC se resume en tres pasos:

- a. Selección del sistema de ventilación
- b. Selección del sistema para aumentar la velocidad del aire
- c. Selección del sistema de enfriamiento evaporativo

En el primer punto, las alternativas son ventilación natural o ventilación dinámica. Para que la ventilación natural sea correcta, se precisan ciertas condiciones de diseño y de orientación del edificio. Sus posibilidades para aumentar la velocidad del aire no son siempre controlables, pues se depende, además de las citadas condiciones, de las condiciones climatológicas. Para poder aumentar la velocidad del aire se necesita disponer de medios mecánicos, los cuales pueden

funcionar en naves tipo túnel (es preciso que estén cerradas) o, en naves abiertas, instalando ventiladores de circulación (**Figura 4**). Si se precisa aumentar la eliminación de calor del animal, puede optarse por refrigerar el aire que le rodea o mojar directamente el animal. En ambos casos, la refrigeración es de tipo evaporativo, pues el agua se evapora captando calor del aire o del propio animal mojado (**Figura 5**).

La selección de estos sistemas no debe considerar únicamente el diseño y dimensionamiento de los mismos, sino que también deben tener un peso importante en la decisión la inversión y el coste de su funcionamiento con respecto al retorno estimado en producción de leche y en mejor salud de los animales.

OTRAS MEDIDAS

El manejo general de la explotación también puede contribuir considerablemente a reducir el estrés

calórico. Así, debe procurarse evitar aglomeraciones:

- Reduciendo los tiempos de espera al ordeño
- Ordeñando en las horas más frescas, si ello es posible
- Proporcionando superficie de descanso suficiente
- Combatiendo a los insectos
- Suministrando agua de calidad, sin restricción de espacio ni de cantidad

Si el lector está interesado en el tema de este artículo, próximamente la Editorial Agrícola Española publicará un libro con el título "El confort del ganado lechero en épocas de calor. Manejo del estrés térmico", donde se hace un estudio mucho más extenso de este problema. ■

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico redaccion@editorialagricola.com